

气调微孔膜包装技术在鲜食葡萄贮运中的应用

张昭¹, 田全明¹, 魏佳², 吴斌²

(1.新疆农业大学 食品科学与药学院, 乌鲁木齐 830052;

2.新疆农业科学院 农产品贮藏加工研究所, 乌鲁木齐 830091)

摘要: **目的** 针对当前鲜食葡萄电商物流包装方式易引起果实无氧呼吸、酒化和异味等问题, 开展气调微孔膜包装技术在鲜食葡萄贮运中的应用。**方法** 以新疆红地球、木纳格葡萄为材料, 采用气调(体积分数为5%的 O_2 +体积分数为8%的 CO_2)分别结合微孔膜 M_1 (透氧量为 $6000\text{ cm}^3/(\text{m}^2\cdot\text{d})$)、微孔膜 M_2 (透氧量为 $8000\text{ cm}^3/(\text{m}^2\cdot\text{d})$)和PE膜(透氧量为 $300\text{ cm}^3/(\text{m}^2\cdot\text{d})$)进行包装, 其中一部分先在 $(0\pm 0.5)^\circ\text{C}$ 下贮藏7 d后在 $(15\pm 1.0)^\circ\text{C}$ 下货架9 d, 另一部分采后直接在 $(15\pm 1.0)^\circ\text{C}$ 下货架12 d, 然后对其进行评价, 确定无氧呼吸的发生时间, 测定其生理生化指标, 研究气调微孔膜包装对葡萄果实贮运品质的影响。

结果 采用气调微孔膜包装可以减缓果实硬度、可溶性固形物(TSS)、可滴定酸(TA)、维生素C(Vc)和总酚含量的下降, 抑制果实中pH的上升, 维持采后品质。与 M_2 包装对比, M_1 包装能够更大程度地抑制果实腐烂, 延缓TSS、TA和Vc含量的下降。**结论** 气调微孔膜 M_1 包装避免了鲜食葡萄在电商物流中无氧呼吸现象的发生, 很好地保持了鲜食葡萄果实的外观和内在营养品质, 减缓了果实衰老进程, 延长了货架期。

关键词: 气调包装; 微孔膜; 红地球葡萄; 木纳格葡萄; 贮运品质

中图分类号: TS206.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2021)17-0076-12

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2021.17.010

Application of Modified Air Microporous Film Packaging Technology in Storage and Transportation of Fresh Table Grapes

ZHANG Zhao¹, TIAN Quan-ming¹, WEI Jia², WU Bin²

(1.College of Food Science and Pharmaceutical Science, Xinjiang Agricultural University, Urumqi 830052, China;

2.Institute of Agro-products Storage and Processing, Xinjiang Academy of Agricultural Science, Urumqi 830091, China)

ABSTRACT: The pattern of E-commerce logistics packaging brings problems of anaerobic respiration, alcohol fermentation and off-flavor during the storage and transportation of table grapes. The modified atmosphere combined with micro-porous membrane package was employed in order to improve the quality of postharvest table grapes. The modified atmosphere (5% O_2 +8% CO_2) separately combined with micro-porous membrane M_1 (oxygen permeability of $6000\text{ cm}^3/(\text{m}^2\cdot\text{d})$), micro-porous membrane M_2 (oxygen permeability of $8000\text{ cm}^3/(\text{m}^2\cdot\text{d})$) and polyethylene film (oxygen permeability of $300\text{ cm}^3/(\text{m}^2\cdot\text{d})$) were used to pack Red Globe and Munage grape, respectively. The time of anaerobic respiration and physiological indexes were determined to evaluate the effects of different E-commerce logistics packages on

收稿日期: 2021-02-09

基金项目: 国家自然科学基金(31860460); NSFC联合基金(U2003213)

作者简介: 张昭(1995—), 男, 新疆农业大学硕士生, 主攻农产品贮藏与加工。

通信作者: 吴斌(1973—), 男, 研究员, 主要研究方向为农产品贮藏与加工。

the postharvest quality of table grapes. The storage conditions were as follow: $(0\pm 0.5)^{\circ}\text{C}$ for 7 d and then $(15\pm 1.0)^{\circ}\text{C}$ for 9 d, $(15\pm 1.0)^{\circ}\text{C}$ for 12 d. The modified atmosphere combined with micro-porous membrane package inhibit the increase of pH and alleviated the decrease of hardness, total soluble solids (TSS), titrate acid (TA), vitamin c (Vc) and total phenol content, which maintained the postharvest quality of Red Globe and Munage grapes. Compared with M_2 , M_1 could better reduce the decay and delay the decrease of TSS, TA and Vitamin C contents. These results demonstrated that modified atmosphere combined with micro-porous membrane M_1 avoided the occurrence of anaerobic respiration, maintained the appearance and nutritional quality and delayed the fruit senescence process, which prolonged the shelf life of Red Globe and Munage grapes.

KEY WORDS: modified atmosphere packaging; micro-porous membrane; red globe grape; munage grape; storage and transportation quality

新疆葡萄的种植面积和产量均居全国第一,是我国葡萄保鲜产品最大的生产区^[1]。葡萄含糖量高、多汁,极易受病菌侵染而发生腐烂变质,造成鲜食葡萄冷链物流品质下降、货架销售期短等问题^[2]。随着我国电子商务的繁荣发展,综合平台、垂直电商、快递等纷纷涉足生鲜电商^[3],目前,葡萄电商物流包装形式主要为“单穗”封口包装,封口包装材料主要以 PE 膜(透氧量 $<1000\text{ cm}^3/(\text{m}^2\cdot\text{d})$)为主,产品存在透气性差等问题。虽然当采用充 N_2 或气调包装,封口包装在 0°C 条件下贮藏 5~7 d 后,果实并不会发生无氧呼吸,但是在货架期间易发生无氧呼吸,产生酒化和异味等问题,严重影响鲜食葡萄商品性和食用安全性。研发适宜的电商物流包装保鲜技术,对提高鲜食葡萄采后贮运和销售品质具有重要作用。

薄膜包装是一种方便快捷、绿色安全的果蔬保鲜方式,采用不同透气性薄膜对果蔬进行包装,自发调节包装内气体成分,以达到增强保鲜效果^[4-6],其主要原理是采用特定透气性薄膜对采后果蔬进行包装,通过果蔬自身的呼吸作用使包装内保持相对的低浓度 O_2 高浓度 CO_2 环境,降低果蔬新陈代谢作用,以达到延长货架期的目的^[7-9]。王康飞等^[10]研究表明,微孔膜可以通过调节包装内的 O_2 与 CO_2 的比例,达到了比气调包装更好的保鲜效果;微孔膜气调包装对毛青豆、生菜有较明显的保鲜效果^[11],此外微孔膜处理还可以维持番茄较好的品质^[12],关于气调微孔膜包装技术在葡萄电商物流的研究鲜有报道。

在前人研究的基础上发现,采用气调打孔方式能够有效维持葡萄的感官品质,提高果实的商品性。在不打孔的条件下,果实依然会发生无氧呼吸;自主打孔又会导致孔径过大,微孔分布不均匀,导致包装内水分流失较快,果梗褐变较为严重。针对以上问题,文中通过模拟物流和货架销售期,研究微孔膜结合气调包装技术对红地球、木纳格葡萄采后品质、感官品质、生理指标和营养品质的影响。分析包装内的气体组成与鲜食葡萄品质的相关性,以期减少鲜食葡萄

采后贮运损失、提高其贮运品质提供技术依据。

1 实验

1.1 材料

主要材料:保鲜膜为微孔膜(M_1 , M_2),厚度为 $25\text{ }\mu\text{m}$,微孔膜 M_1 透氧量为 $6000\text{ cm}^3/(\text{m}^2\cdot\text{d})$,微孔膜 M_2 透氧量为 $8000\text{ cm}^3/(\text{m}^2\cdot\text{d})$;PE 膜(CK),厚度为 $40\text{ }\mu\text{m}$,透氧量为 $300\text{ cm}^3/(\text{m}^2\cdot\text{d})$ 。材料均由江苏九邦新材料科技发展有限公司提供。原料为红地球葡萄(*Vitis vinifera* L. cv Red Globe)、木纳格葡萄(*Vitis vinifera* L. cv Munage)。红地球葡萄于 2020 年 9 月 9 日采自昌吉市三公镇春光二队,木纳格葡萄于 2020 年 10 月 13 日采自新疆阿图什,选择果梗翠绿、无病虫害和无机械损伤的葡萄。将葡萄装入套有无纺布的周转筐内,防止运输过程中葡萄碰伤,采收后及时运回乌鲁木齐市格瑞德保鲜技术有限公司冷库进行预冷处理。

1.2 设备

主要设备:GY-4 型数显果实硬度计,艾德堡仪器有限公司;PAL-1 型数显糖度计,日本 Atago 公司;UV-2600 型紫外分光光度计,日本岛津公司;Check Point 3,便携式顶空分析仪,丹麦 PBI Dansensor 公司;GD1913 型气调包装机,广州行远包装机械有限公司;数显 pH 计,上海雷磁仪器有限公司。

1.3 方法

从采收后的红地球、木纳格葡萄中选取无病害、无霉变、无机械损伤的果实于 $(0\pm 0.5)^{\circ}\text{C}$ 冷库中进行预冷处理,充分预冷 24 h 后,随机分组,放入自行设计的包装盒(2 L)内,底层铺吸水纸,每盒葡萄的质量约为(每穗)700 g。处理方式: K_1 ,模拟冷链物流运输,在冷库温度为 $(0\pm 0.5)^{\circ}\text{C}$,相对湿度为 90%~95%的条件下贮藏 7 d,冷库贮藏结束后,将温度升至 $(15\pm 1.0)^{\circ}\text{C}$ 贮藏 9 d,模拟货架期; K_2 ,模拟货架期,在温度为 $(15\pm 1)^{\circ}\text{C}$,相对湿度为 95%~99%下贮

藏 12 d。

以体积分数为 5% 的 O_2 +体积分数为 8% 的 CO_2 为初始条件,充气处理后分别用微孔膜 M_1 , M_2 和 PE 膜进行密封,并将其置于 K_1 和 K_2 条件下进行贮藏。 K_1 条件下,在第 7 天和第 8 天时取样 1 次,之后每隔 2 d 取样 1 次,每个处理重复 3 次,测定葡萄的各项指标并记录,共计 16 d。 K_2 条件下,每隔 2 d 取样 1 次,每个处理重复 3 次,测定葡萄的各项指标并记录,共计 12 d。

1.4 相关指标测定

1) O_2 和 CO_2 体积分数的测定。采用 Check Point 3 便携式顶空分析仪,定期测定不同处理组包装内 CO_2 和 O_2 的体积分数,每个处理重复 3 次。

2) 腐烂率的测定。葡萄贮藏期间的腐烂率采用直接称量法,平行测定 3 次。计算公式如下:

$$\text{腐烂率} = \frac{\text{腐烂果质量}}{\text{果实总质量}} \times 100\% \quad (1)$$

当葡萄果实表面的病斑直径大于 2 mm 时,判定果实为腐烂果。

3) 果梗褐变指数的测定。果梗褐变级数:0 级,果梗、穗轴部位均没有褐变;1 级,果梗或穗轴部位出现褐变现象,面积不超过总面积的 1/4;2 级,果梗或穗轴部位出现褐变现象,且面积占总面积的 1/4~1/2;3 级,果梗或穗轴部位出现褐变现象,面积占总面积的 1/2~3/4;4 级,果梗穗轴部位褐变面积超过 3/4 或全部褐变。

$$\text{果梗褐变指数} = \frac{\sum (\text{褐变等级} \times \text{该级别穗数})}{\text{总穗数} \times \text{最高级数}} \times 100\% \quad (2)$$

4) 硬度的测定。参照彭新媛等^[13]的方法,略作改动。每盒随机选择 15 个鲜食葡萄,围绕果实的赤道部位,用 GY-4 型果实硬度计测定果肉的硬度,重复 3 次。最终结果以平均值计,单位为 N。

5) 可溶性固形物 (Total Soluble Solids, TSS) 含量的测定。参照颜廷才等^[14]的方法。将鲜食葡萄榨汁,摇匀,取部分汁液测定可溶性固形物含量。

6) pH 值的测定。随机选取 10 粒葡萄果实,榨汁后过滤,采用数显 pH 计测定果汁中 pH 值。

7) 可滴定酸 (Titrate Acid, TA) 含量的测定。参照曹建康等^[15]的方法,采用酸碱滴定法。

8) 维生素 C (vitamin C, Vc) 含量的测定。采用 2, 6-二氯酚酚滴定法^[16]。

9) 总酚含量 (total phenol content) 的测定。采用 Folin-Ciocalteu 法^[15]。

1.5 数据处理

使用 Origin 2019 b 软件作图, SPSS 26.0 进行数据分析, $P < 0.05$ 表示差异显著。

2 结果分析

2.1 气调微孔膜包装对鲜食葡萄气体成分的影响

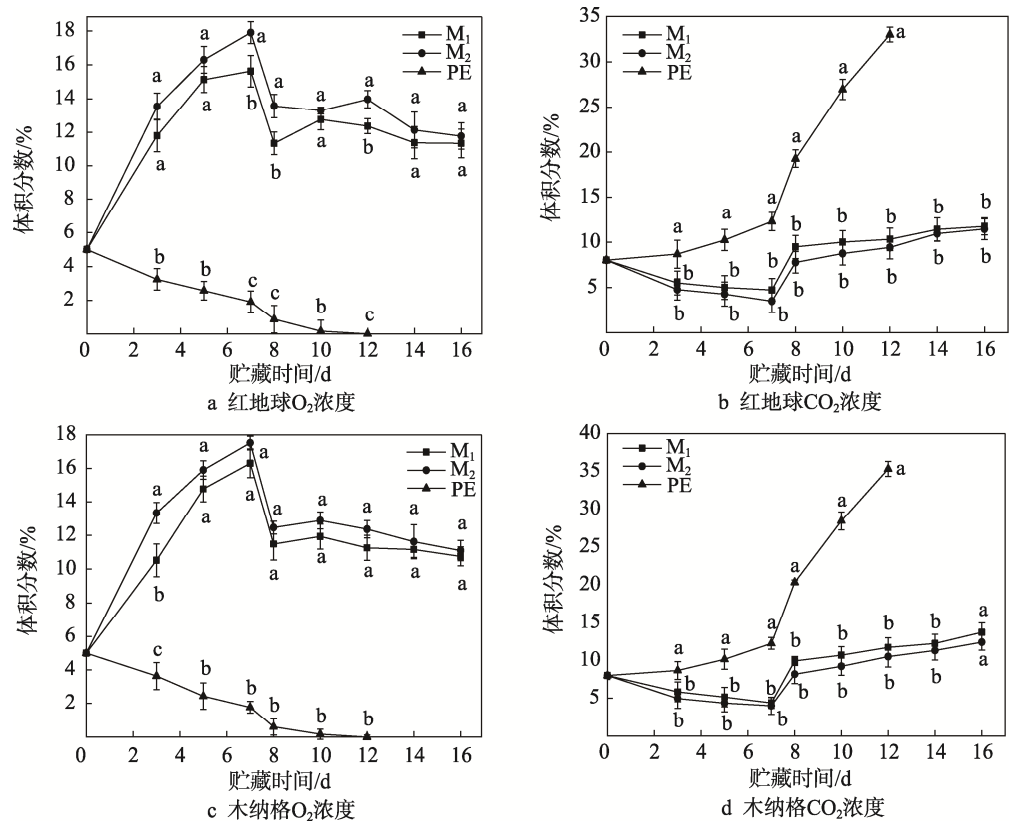
由图 1 可知,微孔膜组 O_2 浓度先上升后下降, CO_2 浓度先下降后上升。CK 组透气性差,气体变化较快,贮藏 10 d 时果实已进行无氧呼吸,产生乙醇,已无商品价值。相较于 CK 组,贮藏前 7 d,低温条件抑制葡萄的呼吸作用,微孔膜包装内气体与外界气体交换,其气体变化较快。贮藏 7 d 后,温度上升,葡萄呼吸作用增强, CO_2 浓度上升趋势加快,贮藏 8~14 d 时,葡萄果实呼吸作用消耗产生的气体与外界气体交换达到动态平衡,微孔膜组与 CK 组中气体浓度差异显著 ($P < 0.05$)。 M_1 处理组 O_2 浓度下降缓慢,其原因是微孔膜 M_2 透氧量较高,高浓度 O_2 条件促进微生物生长,微生物为了维持自身基本生命活动会消耗 O_2 ,产生 CO_2 ,贮藏结束时, M_1 , M_2 处理组差异不显著。

由图 2 可知,微孔膜组的 O_2 浓度先上升后下降, CO_2 浓度呈现一直上升趋势。CK 组气密性较强,包装内易形成低浓度 O_2 高浓度 CO_2 气体环境,贮藏 8 d 时,CK 组果实进行无氧呼吸。与 CK 组相比,贮藏前期,在 $(15 \pm 1)^\circ\text{C}$ 条件下葡萄的部分呼吸作用被抑制,MA 包装内部气体通过微孔膜与外界进行气体交换, O_2 浓度呈现上升的趋势。贮藏 6~10 d 时,微孔膜包装气体变化不大,可能是微孔膜可以调节包装内气体成分,维持相对平衡,与 CK 组气体浓度存在显著差异 ($P < 0.05$)。贮藏后期, M_2 处理组的气体变化趋势较快,可能与 M_2 处理组的腐烂现象较为严重有关。贮藏结束时,微孔膜各处理之间差异不显著。

以上结果表明,在 K_1 , K_2 条件下,2 种鲜食葡萄变化趋势相近。CK 组气密性较强,易出现低浓度 O_2 高浓度 CO_2 气体环境。微孔膜包装通过微孔与外界进行气体交换,调节包装内气体,达到较好的保鲜效果。微孔膜 M_1 处理组的气体变化不大,能够减缓鲜食葡萄新陈代谢速率,具有较好的保鲜效果,并有效延长货架期 4~6 d。

2.2 气调微孔膜包装对鲜食葡萄硬度、TSS 含量、果梗褐变、腐烂率的影响

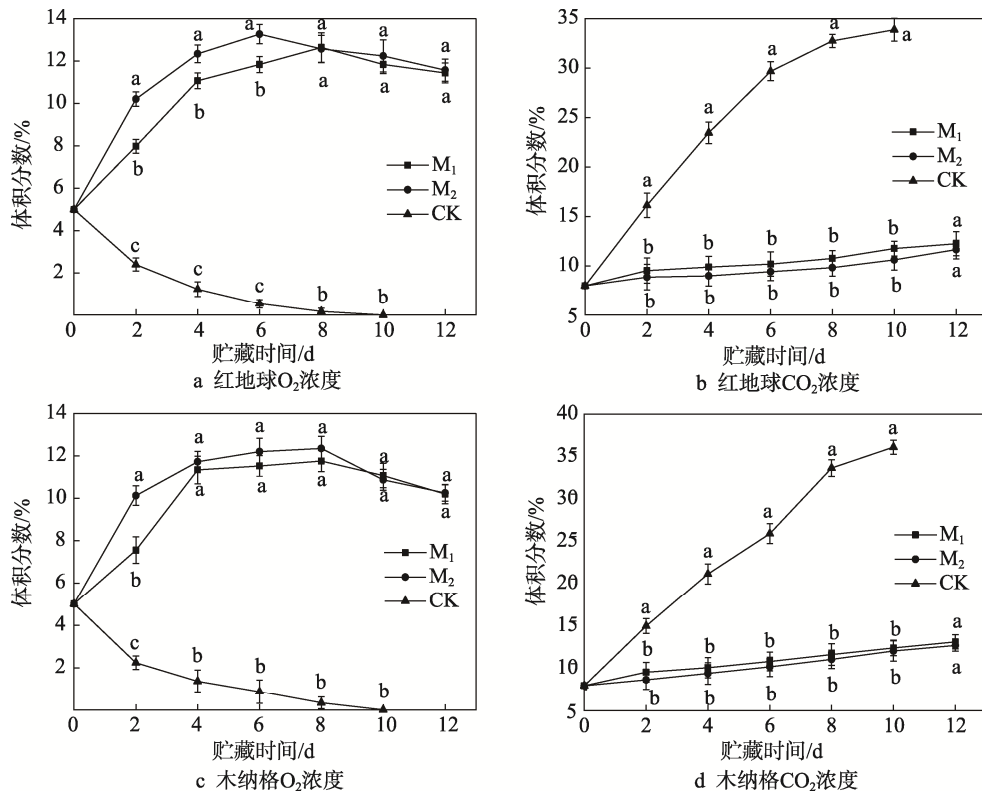
在贮藏期间,葡萄中的果胶酶会分解果实中的果胶,导致果实软化,相对硬度不断下降。由图 3—4 可知,CK 组果实硬度快速下降,显著低于同一贮藏期的微孔膜组 ($P < 0.05$),可能是 CK 组果实进行无氧呼吸,酒精、乙醛等无氧呼吸底物大量积累,造成果皮组织凹陷,果肉组织软化^[17],果实硬度下降。与 CK 组相比,微孔膜组果实硬度缓慢下降,包装内 O_2 浓度处于动态平衡,减缓了果实中呼吸作用底物有机



注：同列不同小写字母代表在 $P<0.05$ 水平下有显著性差异

图 1 K₁ 条件下包装内气体成分的变化趋势

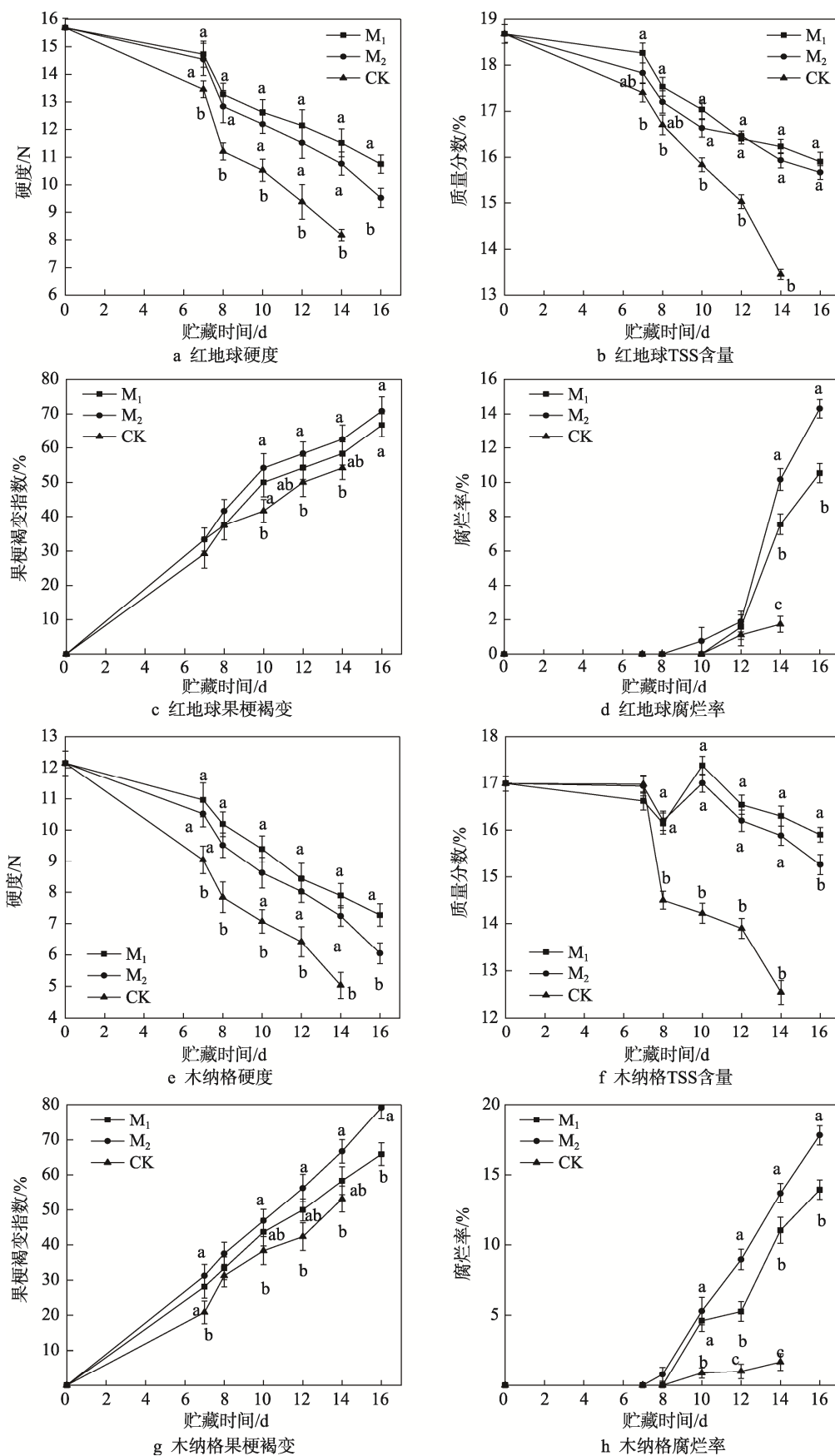
Fig.1 Change trend of gas composition in packaging films K₁



注：同列不同小写字母代表在 $P<0.05$ 水平下有显著性差异

图 2 K₂ 条件下包装内气体成分的变化趋势

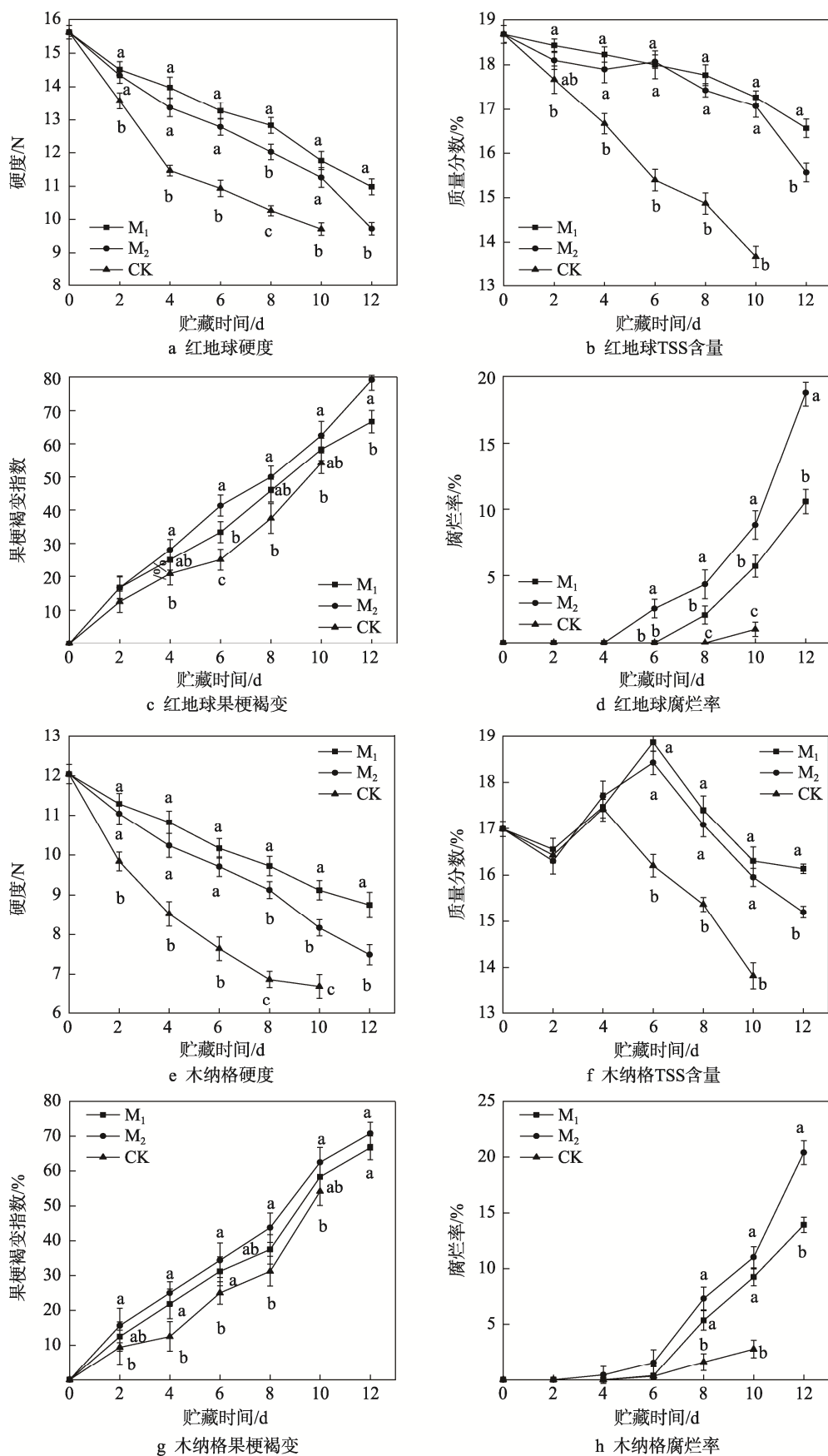
Fig.2 Change trend of gas composition in packaging films K₂



注：同列不同小写字母代表在 $P < 0.05$ 水平下有显著性差异

图3 K₁条件下不同包装对鲜食葡萄的影响

Fig.3 Effects of different packaging on table grapes



注：同列不同小写字母代表在 $P < 0.05$ 水平下有显著性差异

图 4 K_2 条件下不同包装对鲜食葡萄的影响

Fig.4 Effects of different packaging on table grapes

酸的消耗,有效延缓硬度的下降。贮藏结束时, M_1 处理组果实的硬度高于 M_2 ($P<0.05$)。

可溶性固形物是影响果实风味的重要指标之一^[18]。由图3—4可知,木纳格葡萄 TSS 含量先上升后下降,可能与采收时的葡萄未完全成熟有关,也可能与果实中所含淀粉等物质降解有关^[19],TSS 后期作为呼吸底物被消耗,含量降低。CK 组 TSS 含量显著下降,低浓度 O_2 迫使果实进行无氧呼吸,糖酵解途径消耗了大量干物质^[20],其 TSS 含量显著低于同一贮藏期的微孔膜组 ($P<0.05$)。相较于 CK 组,微孔膜组 TSS 含量缓慢下降,表明微孔膜可以有效调节包装内气体环境,减缓果实新陈代谢,减少 TSS 的消耗。贮藏结束时, M_1 处理组 TSS 含量最高。

葡萄果梗的鲜绿程度被认为是评判葡萄新鲜程度的重要因素之一^[21]。CK 组气密性强,包装内气体无法与外界进行交换,内部水分无法散失,CK 组失水引起的果梗褐变较为缓慢。与 CK 组相比,微孔膜可以调节包装内气体成分,降低果实蒸腾作用,减少水分流失。在 K_1 , K_2 条件下, M_1 处理组与 CK 组无显著差异 ($P>0.05$),说明 M_1 处理具有较好的护绿作用。 M_2 处理组透气性好,果梗水分流失多,果梗褐变较为严重。

葡萄果实汁多皮薄且易受到霉菌的侵染而发生腐烂,造成腐烂率不断上升^[22]。由于无氧条件抑制微生物生长,因此 CK 组在贮藏期间只出现轻微腐烂。在 K_1 , K_2 条件下,红地球葡萄腐烂率较低, M_1 处理组与 CK 组差异不显著 ($P>0.05$);木纳格葡萄腐烂率较高,微孔膜组与 CK 组之间差异显著 ($P<0.05$)。贮藏结束时, M_1 处理组腐烂率低于 M_2 ($P<0.05$), M_1 处理能够有效维持葡萄品质。

以上结果表明,在 K_1 , K_2 条件下,红地球、木纳格葡萄在硬度、果梗褐变方面变化相似;在 TSS 含量方面,木纳格葡萄 TSS 含量先上升后下降,且木纳格葡萄腐烂率高于同一贮藏期的红地球葡萄。CK 组硬度、TSS 含量显著下降,果梗褐变和腐烂率变化平缓,无氧呼吸导致葡萄品质发生劣变,已无商品价值。与 CK 组相比,微孔膜包装能够较好地维持果实硬度、TSS 含量。微孔膜 M_1 处理能够更大限度地保持鲜食葡萄的贮藏品质。

2.3 气调微孔膜包装对鲜食葡萄 TA 含量和 pH 的影响

随着贮藏时间的延长,葡萄果实中的酸类物质常常因生理代谢而被消耗,果实酸性逐渐下降^[23]。红地球、木纳格葡萄 TA 含量和 pH 值的变化见图5—6,TA 含量和 pH 值呈负相关。CK 组在贮藏期间进行无氧呼吸,葡萄糖经糖酵解途径产生丙酮酸和 H^+ ,无氧条件下大量 H^+ 结合丙酮酸产生乙醇,果肉汁液 pH 显著上升,果实 TA 含量显著下降 ($P<0.05$)。相较

于 CK 组,微孔膜组酸性变化较为缓慢,与葡萄为非跃变水果有关,也可能是微孔膜通过微孔调节包装内气体,形成适宜气体成分,降低葡萄呼吸速率,减缓呼吸作用底物有机酸的消耗速率。贮藏后期, M_2 处理组腐烂较为严重,果实内部组织衰老进程加剧,有机酸在代谢中快速分解, H^+ 浓度快速下降,酸性减弱。贮藏结束时, M_1 处理组 TA 含量大于 M_2 ($P<0.05$), M_2 处理组 pH 大于 M_1 ($P<0.05$),微孔膜 M_1 处理可有效减缓有机酸含量的下降。适宜的糖酸比(合适的葡萄糖酸比应为 35 左右^[24])能保持葡萄的商品价值。由表1可知,CK 组在贮藏期间进行无氧呼吸,品质发生劣变,其糖酸比完全失衡,已无商品价值。贮藏结束时, M_1 处理组果实的糖酸比仍在 35 左右,具有一定商品价值, M_2 处理组糖酸比在 44 左右,商品价值大大降低。

CK 组葡萄试样的原有风味发生变化,品质劣变,不具有商品价值。微孔膜包装能够抑制果实呼吸速率,延缓果实成熟老化,保持鲜食葡萄原有风味,微孔膜 M_1 处理能够较好地维持鲜食葡萄采后贮藏品质。

2.4 气调微孔膜包装对鲜食葡萄 Vc 含量的影响

Vc 是评价果实品质的重要指标之一,Vc 含量较高可以延缓果实的衰老,随着贮藏果实的衰老,Vc 含量会逐渐降低^[25]。红地球、木纳格葡萄 Vc 含量的变化见图7。在贮藏期间,CK 组包装内部形成无氧环境,产生大量 CO_2 ,高浓度 CO_2 环境造成葡萄果实正常生理代谢紊乱,营养物质不断消耗,Vc 含量显著下降 ($P<0.05$)。微孔膜组 Vc 含量下降平缓,可能与包装内形成适宜的 O_2 与 CO_2 比例有关,减缓果实新陈代谢,延缓果实成熟老化,使贮藏后的葡萄保持较高的 Vc 含量。贮藏后期,Vc 含量的降低速率加快,可能与包装内产生大量 CO_2 有关。此外,包装内霉菌的生长也会加快果实内部组织衰老,Vc 氧化速率加快。与 M_1 处理相比, M_2 处理组果实的腐烂率较高,衰老速度较快,Vc 含量氧化损失较大。贮藏结束时, M_1 处理组的 Vc 含量显著高于 M_2 ($P<0.05$)。以上实验表明,微孔膜包装可以延缓 Vc 含量的下降,减少葡萄营养成分的损失, M_1 处理能够较好地维持鲜食葡萄 Vc 含量。

2.5 气调微孔膜包装对鲜食葡萄总酚含量的影响

果蔬组织中存在着大量的酚类物质,其与果蔬的色泽发育、品质、风味的形成和组织的褐变等紧密相关^[26]。红地球、木纳格葡萄贮藏期间总酚含量的变化见图8。CK 组进行无氧呼吸,大量酒精、乙醛等大量积累,原有风味发生变化,其总酚含量显著低于同一时期的微孔膜组 ($P<0.05$)。 K_1 条件下,葡萄果实

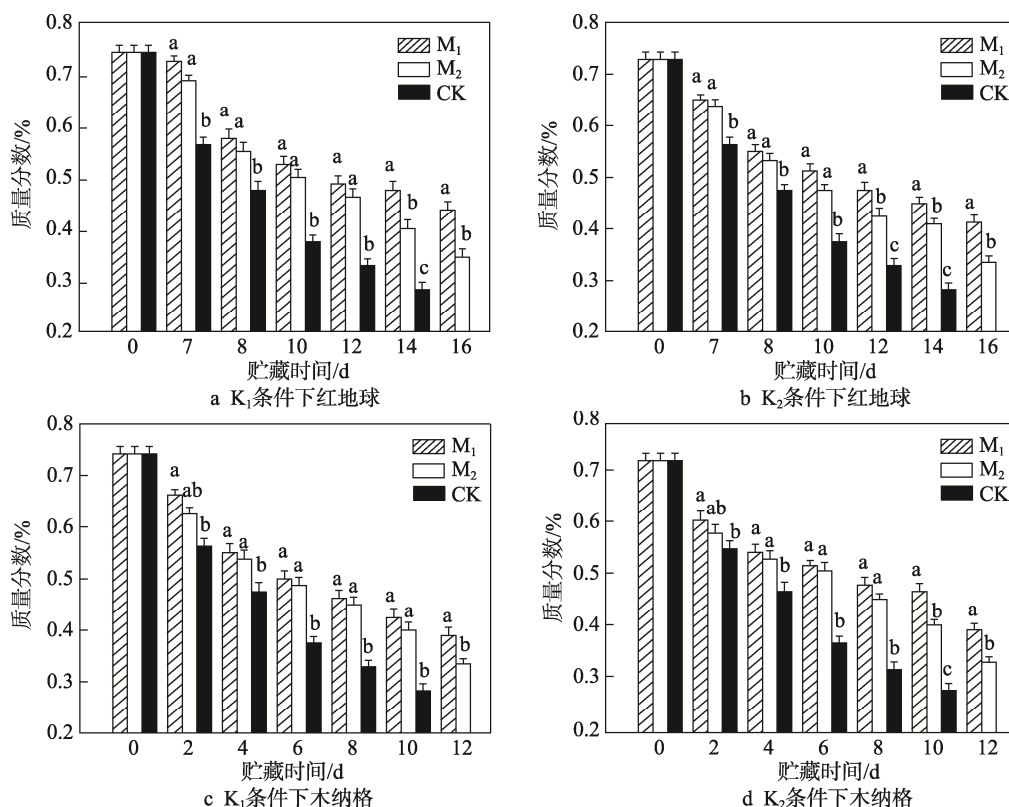


图 5 不同包装对鲜食葡萄 TA 含量的影响

Fig.5 Effects of different packaging on the TA content of table grapes

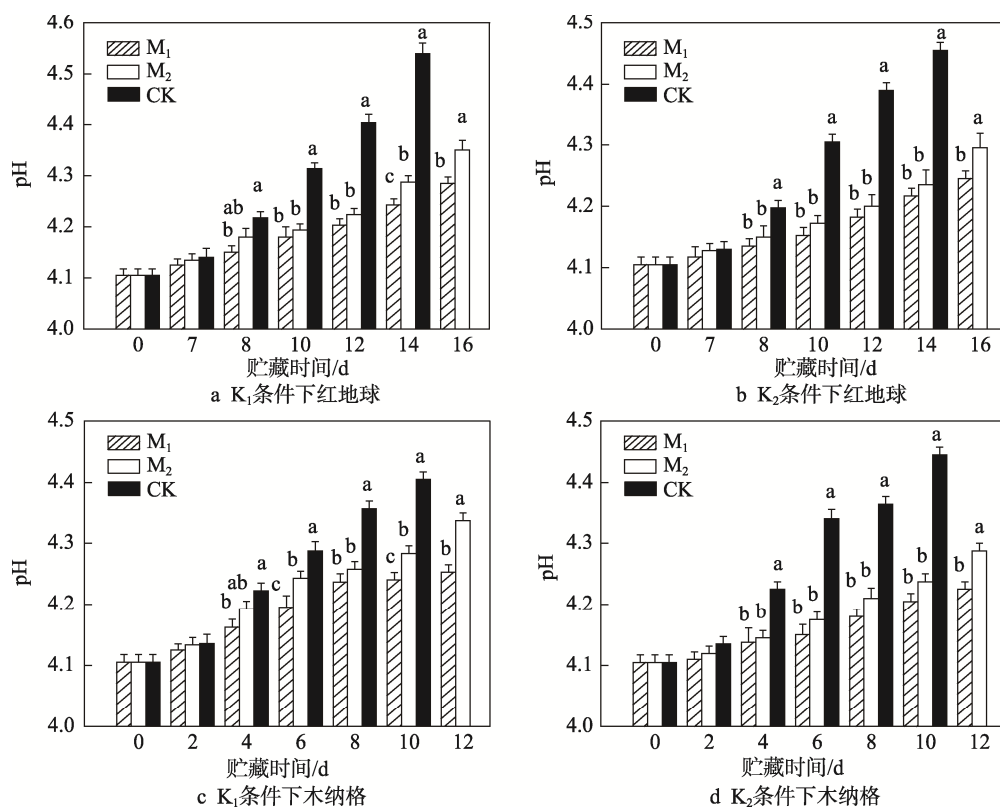


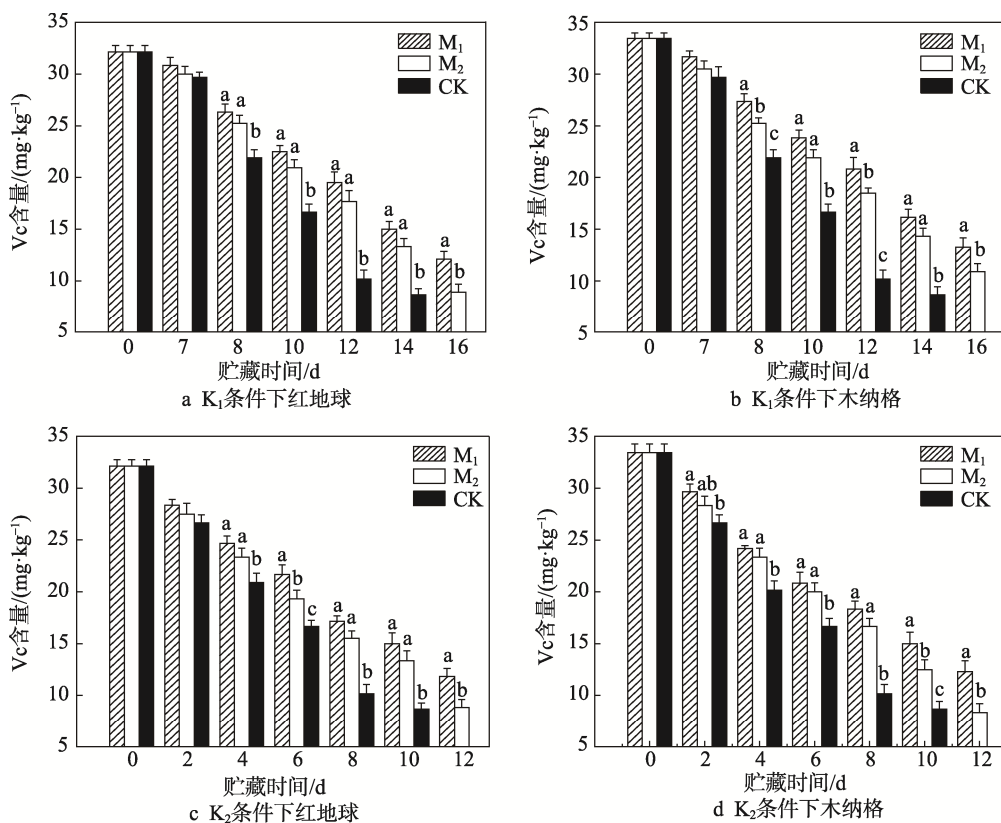
图 6 不同包装对鲜食葡萄 pH 值的影响

Fig.6 Effects of different packaging on the pH value of table grapes

表 1 不同包装对鲜食葡萄糖酸比的影响
Tab.1 Influence of different packaging on the gluconic acid ratio of fresh food

贮藏时间/d	处理组	K ₁ 条件下		K ₂ 条件下	
		红地球糖酸比	木纳格糖酸比	红地球糖酸比	木纳格糖酸比
贮藏前		25.19±0.13	23.31±0.32	25.19±0.13	23.31±0.32
7	M ₁	25.20±0.68 ^b	25.57±0.30 ^b	25.43±0.21 ^b	27.02±0.51 ^a
	M ₂	25.94±0.22 ^b	26.57±0.56 ^b	28.96±0.16 ^{ab}	27.74±0.31 ^a
	CK	30.93±0.36 ^a	30.19±0.34 ^a	32.41±0.68 ^a	29.46±0.31 ^a
8	M ₁	30.49±0.44 ^b	29.35±0.61 ^a	31.71±0.61 ^b	31.76±0.23 ^b
	M ₂	31.27±0.48 ^b	30.42±0.48 ^a	33.30±0.56 ^b	32.93±0.15 ^b
	CK	37.11±0.59 ^a	32.22±0.65 ^a	41.57±0.76 ^a	41.02±0.80 ^a
10	M ₁	32.44±0.29 ^b	33.91±0.38 ^b	34.29±0.19 ^b	35.94±0.72 ^b
	M ₂	33.80±0.40 ^b	35.79±0.63 ^b	37.06±0.31 ^b	35.78±0.51 ^b
	CK	49.33±0.47 ^a	43.75±0.59 ^a	50.43±1.05 ^a	47.34±0.44 ^a
12	M ₁	33.98±0.24 ^b	34.82±0.24 ^c	36.44±0.47 ^b	36.02±0.37 ^b
	M ₂	35.24±0.22 ^b	38.12±0.74 ^b	38.74±0.34 ^b	37.13±0.25 ^b
	CK	52.17±1.04 ^a	48.35±0.72 ^a	49.56±0.19 ^a	51.22±0.51
14	M ₁	34.18±0.64 ^c	36.22±0.27 ^b	36.35±0.32 ^c	36.70±0.44 ^b
	M ₂	39.83±1.66 ^b	38.73±0.55 ^b	42.67±0.63 ^b	39.70±0.23 ^b
	CK	63.22±0.72 ^a	59.01±0.85 ^a	63.08±0.37 ^a	59.44±0.50 ^a
16	M ₁	36.34±0.60 ^b	38.55±0.38 ^b	37.87±0.48 ^b	39.33±0.38 ^b
	M ₂	44.13±0.71 ^a	43.15±0.37 ^a	46.47±0.62 ^a	44.84±0.62 ^a
	CK				

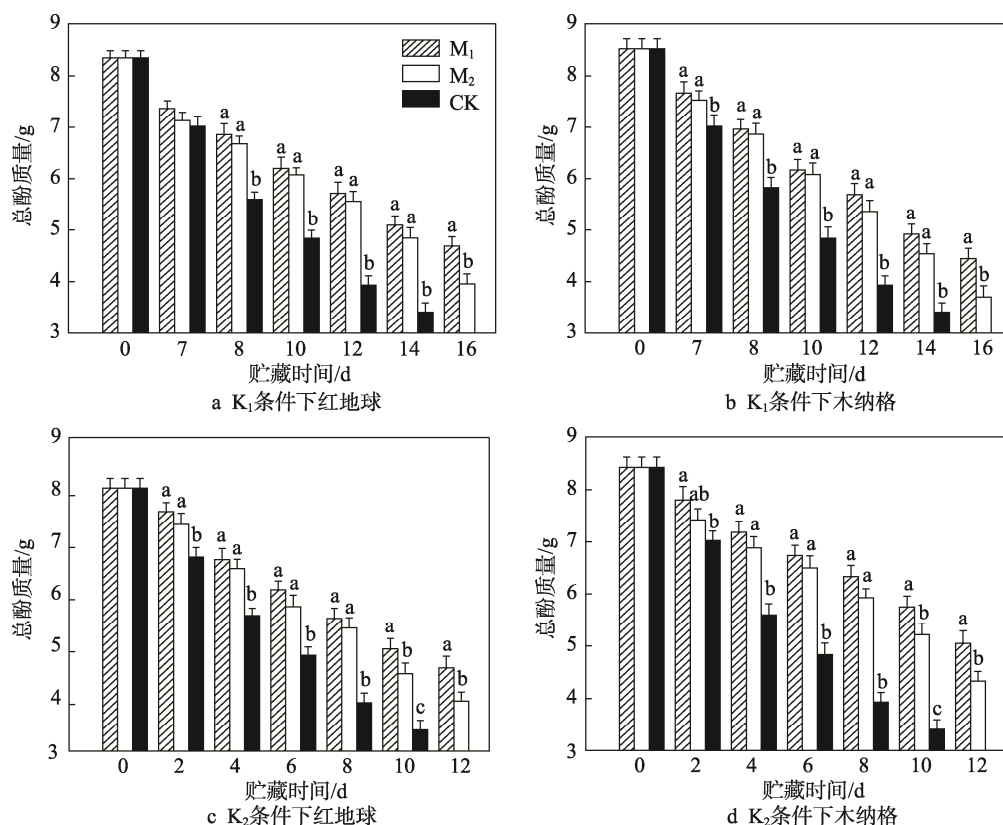
注：同列不同小写字母代表在 $P<0.05$ 水平下有显著性差异



注：同列不同小写字母代表在 $P<0.05$ 水平下有显著性差异

图 7 不同包装对鲜食葡萄 Vc 含量的影响

Fig.7 Effects of different packaging on the Vitamin C content of table grapes



注: 同列不同小写字母代表在 $P < 0.05$ 水平下有显著性差异

图 8 不同包装对鲜食葡萄总酚含量的影响

Fig.8 Effects of different packaging on the total phenol content of table grapes

在低温贮藏后, 多酚氧化酶 (PPO) 的活力增强, 进而促进酚类物质的氧化^[27], 微孔膜组总酚含量在贮藏前 7 d 大幅下降。与 CK 组相比, 微孔膜组总酚含量呈现缓慢下降趋势, 可能是由于微孔膜包装内部形成适宜气体成分, 减缓酚类物质氧化速率, 有效维持总酚含量。贮藏后期, 果实衰老进程加剧, 酚类物质氧化速度加快, 与 M₁ 相比, M₂ 处理组透气性较好, 酚类物质氧化速率较快, 贮藏结束时, M₁ 处理组的总酚含量显著高于 M₂ ($P < 0.05$)。以上实验表明, 微孔膜包装可延缓总酚含量的下降, 减缓葡萄酚类物质的氧化速率, 微孔膜 M₁ 处理能较好维持果实的总酚含量。

3 结语

此实验研究了在不同冷藏期和货架期下, 气调微孔膜包装技术处理对红地球、木纳格葡萄品质的影响。结果表明, 在贮藏期间, 气调微孔膜包装可有效减缓鲜食葡萄硬度的下降。微孔膜包装蒸腾作用小, 果梗褐变较为缓慢; 气调微孔膜包装技术可以较好地维持鲜食葡萄 TSS、TA、Vc 和总酚含量, 减少鲜食葡萄营养物质的损失, 抑制果实 pH 值上升, 维持葡萄采后品质。PE 膜包装透气性差, 易形成低浓度

O₂ 环境, 导致鲜食葡萄进行无氧呼吸, 产生大量乙醇, 影响鲜食葡萄原有风味, 降低其商品价值。微孔膜上的微孔能够调节包装内的氧气, 使包装内 O₂ 体积分数保持在 12%~14%, 防止其进行无氧呼吸, 有效保持鲜食葡萄商品性和食用安全性。

综上所述, 气调微孔膜 M₁ 包装鲜食葡萄能保持适宜的气体成分比例, 显著改善鲜食葡萄的采后品质, 有效维持果实营养物质含量, 延长了果实货架期, 提高了鲜食葡萄贮运销售的食品安全性, 为提高新疆鲜食葡萄电商物流包装技术的研究应用提供理论依据。

参考文献:

- [1] 吴斌, 闫师杰, 王文生. 新疆葡萄贮运保鲜现状与产业技术提升途径[J]. 保鲜与加工, 2016, 16(4): 1—5. WU Bin, YAN Shi-jie, WANG Wen-sheng. Situation of Storage and Transport and Industry Promoting Ways of Table Grape in Xinjiang[J]. Preservation and Processing, 2016, 16(4): 1—5.
- [2] 程杨, 唐谦, 刁源, 等. 智能包装模式对电商配送“夏黑”葡萄贮运保鲜效果的影响[J]. 西南大学学报 (自然科学版), 2020, 42(10): 88—95.

- CHENG Yang, TANG Qian, DIAO Yuan, et al. Effect of Intelligent Packaging Mode on Storage and Storage of "Xiahei" Grape[J]. Journal of Southwest University (Natural Science Edition), 2020, 42(10): 88—95.
- [3] 王剑功, 褚伟雄, 吴剑. 葡萄电商运输工艺关键技术研究[J]. 食品科技, 2020, 45(1): 62—68.
- WANG Jian-gong, CHU Wei-xiong, WU Jian. Research on Key Technologies of Grape E-Commerce Transportation Process[J]. Food Science and Technology, 2020, 45(1): 62—68.
- [4] 伍新龄, 荆红彭, 张旭, 等. 不同自发气调包装膜对鲜食大豆保鲜效果的比较[J]. 食品科学, 2015, 36(14): 265—270.
- WU Xin-ling, JING Hong-peng, ZHANG Xu, et al. Comparison of Different Packaging Materials Used for Modified Atmosphere Packaging of Green Soybean during Storage[J]. Food Science, 2015, 36(14): 265—270.
- [5] 马惠玲, 宋淑亚, 马艳萍, 等. 自发气调包装对核桃青果的保鲜效应[J]. 农业工程学报, 2012, 28(2): 262—267.
- MA Hui-ling, SONG Shu-ya, MA Yan-ping, et al. Effects of Modified Atmosphere Package on Preservation of Green Walnut Fruit[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2012, 28(2): 262—267.
- [6] SANDHYA. Modified Atmosphere Packaging of Fresh Produce: Current Status and Future Needs[J]. LWT Food Science and Technology, 2010, 43(3): 381—392.
- [7] ZHANG M, MENG X Y, BHANDARI B, et al. Recent Developments in Film and Gas Research in Modified Atmosphere Packaging of Fresh Foods[J]. Food Science and Nutrition, 2015, 56(13): 2174—2182.
- [8] JIN T Z, HUANG M Y, NIEMIRA B A, et al. Shelf Life Extension Fresh Ginseng Roots Using Sanitiser Washing, Edible Antimicrobial Coating and Modified Atmosphere Packaging[J]. International Journal of Food Science and Technology, 2016, 51(9): 2132—2139.
- [9] RODRIGUEZ J, ZOFFOLI J P. Effect of Sulfur Dioxide and Modified Atmosphere Packaging on Blue Berry Postharvest Quality[J]. Postharvest Biology and Technology, 2016, 117: 230—238.
- [10] 王康飞, 王桂英, 王德铮. 不同保鲜方式对葡萄保鲜效果影响的对比研究[J]. 包装工程, 2020, 41(15): 19—24.
- WANG Kang-fei, WANG Gui-ying, WANG De-zheng. Comparative Study on the Effects of Different Preservation Methods on Grape Preservation[J]. Packaging Engineering, 2020, 41(15): 19—24.
- [11] 荆红彭, 张旭, 关文强, 等. 不同温度下微孔膜包装青毛豆的保鲜效果研究[J]. 食品工业科技, 2015, 36(3): 335—339.
- JING Hong-peng, ZHANG Xu, GUAN Wen-qiang, et al. Research of Micro-Perforated Plastic Film Storage Performance of Green Soybean at Different Temperature[J]. Food Industry Science and Technology, 2015, 36(3): 335—339.
- [12] 梁芸志, 季丽丽, 陈存坤, 等. 不同保鲜膜处理对番茄常温货架品质的影响[J]. 现代食品科技, 2018, 34(3): 137—143.
- LIANG Yun-zhi, JI Li-li, CHEN Cun-kun, et al. Effects of Different Preservative Film Treatments on the Quality of Tomato during Shelf Life at Room Temperature[J]. Modern Food Science and Technology, 2018, 34(3): 137—143.
- [13] 彭新媛, 高晶, 王刚霞, 等. $\text{SO}_2\text{-ClO}_2$ 处理对木纳格葡萄采后贮藏品质的影响[J]. 食品科学, 2014, 35(18): 178—184.
- PENG Xin-yuan, GAO Jing, WANG Gang-xia, et al. Effect of $\text{SO}_2\text{-ClO}_2$ Treatment on Postharvest Quality of 'Munage' Grape[J]. Food Science, 2014, 35(18): 178—184.
- [14] 颜廷才, 邵丹, 李江阔, 等. 1-MCP 对葡萄货架期间品质及挥发性物质的影响[J]. 食品科学, 2015, 36(20): 258—263.
- YAN Ting-cai, SHAO Dan, LI Jiang-kuo, et al. Effects of 1-MCP on Quality and Volatile Components of Grapes during Shelf Life[J]. Food Science, 2015, 36(20): 258—263.
- [15] 曹建康, 姜微波, 赵玉梅. 果蔬采后生理生化实验指导[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2007: 28—50.
- CAO Jian-kang, JIANG Wei-bo, ZHAO Yu-mei. Guidance on Postharvest Physiological and Biochemical Experiments of Fruits and Vegetables[M]. Beijing: China Light Industry Press, 2007: 28—50.
- [16] GB/T 6195—1986, 水果、蔬菜维生素 C 含量测定法(2,6-二氯酚靛酚滴定法)[S].
- GB/T 6195—1986, Determination of Vitamin C in Fruits and Vegetables (2, 6-Dichlorophenol Indophenol Titration Method)[S].
- [17] CHRISTIAN S S, IVAN B, PABLO S, et al. Effect of Modified Atmosphere Packaging (MAP) on Rachis Quality of 'Red Globe' Table Grape Variety[J]. Postharvest Biology and Technology, 2016, 119: 33—40.
- [18] 张鹏, 邵丹, 李江阔, 等. 1-MCP 对硬肉型葡萄货架期间品质及挥发性物质的影响[J]. 中国食品学报, 2018, 18(4): 219—227.
- ZHANG Peng, SHAO Dan, LI Jiang-kuo, et al. Effects of 1-MCP on Quality and Volatile Components of Hard Meat-type Grapes during Shelf Life[J]. Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology, 2018, 18(4): 219—227.
- [19] 周广文, 胡佳羽, 李小乐, 等. 重庆不同品种葡萄营养成分和原花青素含量分析[J]. 中国农学通报, 2012, 28(31): 181—185.
- ZHOU Guang-wen, HU Jia-yu, LI Xiao-le, et al. The Analysis of the Nutritive Components Contents and Procyanidins in Different Kinds of Grape in Chongq-

- ing[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2012, 28(31): 181—185.
- [20] WU Ying, LI Yun-fei, DENG Yun. Changes in Enzyme Activities in Abscission Zone and Berry Drop of 'Kyoho' Grapes under High O₂ or CO₂ Atmospheric Storage[J]. LWT-Food Science and Technology, 2008, 41: 175—179.
- [21] ZOZ F, GRANDVALET C, LANG E, et al. Listeria Monocytogenes Ability to Survive Desiccation: Influence of Serotype, Origin, Virulence, and Genotype Int[J]. Food Microbiol, 2017, 248: 82—89.
- [22] 曹琳, 李少华, 周树波, 等. 臭氧水处理对葡萄品质和表面微生物的影响[J]. 食品科技, 2017, 42(8): 40—44.
- CAO Lin, LI Shao-hua, ZHOU Shu-bo, et al. Effect of Ozone Water on Quality and Surface Microorganisms of Grapes[J]. Food Science and Technology, 2017, 42(8): 40—44.
- [23] RANJBARAN E, SARIKHANI H, WAKANA A, et al. Effect of Salicylic Acid on Storage Life and Postharvest Quality of Grape[J]. Journal of the Faculty of Agriculture Kyushu, 2011, 56(2): 263—269.
- [24] 梁睢, 郭红梅, 郭峰. 赤霉素处理对“无核白”葡萄糖酸比的影响[J]. 北方果树, 2013(5): 8—10.
- LIANG Ju, GUO Hong-mei, GUO Feng. Effects of Gibberellin Treatment for Thompson Seedless Grape's Sugar Acid Ratio[J]. Northern Fruits, 2013(5): 8—10.
- [25] 张永福, 莫丽玲, 董翠莲, 等. 外源 SA 和 SNP 对“水晶”葡萄采后防腐保鲜效果的影响[J]. 中国南方果树, 2016, 45(3): 35—41.
- ZHANG Yong-fu, MO Li-ling, DONG Cui-lian, et al. Effects of Exogenous SA and SNP on Fresh-Keeping of 'Shuijing' Grape[J]. South China Fruits, 2016, 45(3): 35—41.
- [26] 赵飞, 张平, 朱志强, 等. SO₂ 气态熏蒸结合固态缓释保鲜剂处理对红地球葡萄贮藏品质的影响[J]. 食品与发酵工业, 2013, 39(12): 182—186.
- ZHAO Fei, ZHANG Ping, ZHU Zhi-qiang, et al. Effect of SO₂ Fumigation Coupled with Solid Slow-Release Preservatives on Quality of Red Globe Grapes during Storage[J]. Food and Fermentation Industries, 2013, 39(12): 182—186.
- [27] 轩燕, 王萍, 张菁菁, 等. 新疆不同葡萄品种在贮藏过程中品质及生理变化研究[J]. 黑龙江农业科学, 2018(5): 121—125.
- XUAN Yan, WANG Ping, ZHANG Jing-jing, et al. Study on Quality and Physiological Changes of Different Grape Varieties during Storage in Xinjiang[J]. Heilongjiang Agricultural Sciences, 2018(5): 121—125.